

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 1 0 月 2 4 日
Date of Application:

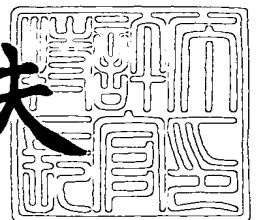
出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 3 0 9 3 5 0
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 2 - 3 0 9 3 5 0]

出 願 人 松 下 電 器 産 業 株 式 有 限 公 司
Applicant(s):

2 0 0 3 年 8 月 5 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 6 2 5 7 1

【書類名】 特許願

【整理番号】 2032440233

【提出日】 平成14年10月24日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G11B 7/00

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

 【氏名】 北岡 康夫

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

 【氏名】 山本 和久

【特許出願人】

 【識別番号】 000005821

 【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100097445

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 岩橋 文雄

【選任した代理人】

 【識別番号】 100103355

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 坂口 智康

【選任した代理人】

 【識別番号】 100109667

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 内藤 浩樹

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011305

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9809938

【書類名】 明細書

【発明の名称】 超短パルスレーザと、それを用いた光情報処理装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 少なくとも、励起用半導体レーザと、固体レーザ媒質と、光ファイバーと、可飽和吸収ミラーから構成され、

前記光ファイバーと前記可飽和吸収ミラーの間に、前記固体レーザ媒質が配置され、

前記励起用半導体レーザから出射したレーザ光が前記光ファイバーの第 1 の端面に光結合し、前記光ファイバーの第 2 の端面から出射したレーザ光により前記固体レーザ媒質を励起し、

前記光ファイバーの第 1 の端面と、前記可飽和吸収ミラーにより、レーザ共振器が構成されていることを特徴とする超短パルスレーザ。

【請求項 2】 前記レーザ共振器より、モード同期が生じていることを特徴とする請求項 1 に記載の超短パルスレーザ。

【請求項 3】 前記光ファイバーの第 1 の端面に、前記励起用半導体レーザ光に対して低反射率で、レーザ共振器で発振する光に対しては高反射率である誘電体多層膜が形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の超短パルスレーザ。

【請求項 4】 前記光ファイバーが、偏光保存ファイバーであることを特徴とする請求項 1 に記載の超短パルスレーザ。

【請求項 5】 前記光ファイバーが、フォトニックファイバーであることを特徴とする請求項 1 に記載の超短パルスレーザ。

【請求項 6】 前記固体レーザ媒質が、単一偏光で発振することを特徴とする請求項 1 に記載の超短パルスレーザ。

【請求項 7】 強誘電体結晶基板上に共振器損失可変機能を有する導波路型固体レーザ媒質と、励起用半導体レーザと、光ファイバーから構成されていることを特徴とする超短パルスレーザ。

【請求項 8】 前記導波路型固体レーザ媒質に、波長変換機能を付加されていることを特徴とする請求項 7 に記載の超短パルスレーザ。

【請求項 9】 前記光ファイバーの第 1 の端面と前記導波路型固体レーザ媒質の

第1の端面光結合するように対向し、

前記励起用半導体レーザから出射したレーザ光が、前記光ファイバーの第2の端面、または前記導波路型固体レーザ媒質の第2の端面から光結合することにより、前記導波路型固体レーザ媒質を光励起し、

前記光ファイバーの第2の端面と、前記導波路型固体レーザ媒質の第2の端面がレーザ共振器を構成することを特徴とする請求項7に記載の超短パルスレーザ。

【請求項10】前記共振器損失可変機能が、方向性結合器であることを特徴とする請求項7に記載の超短パルスレーザ。

【請求項11】前記レーザ共振器より、モード同期が生じていることを特徴とする請求項9に記載の超短パルスレーザ。

【請求項12】請求項1記載の短パルスレーザが搭載された光学ヘッドにおいて、

請求項1記載の短パルスレーザには、出力取り出し部が設けられており、

前記出力取り出し部と前記励起用半導体レーザの間に前記光ファイバーが位置し、

前記励起用半導体レーザは前記光学ヘッド外部の放熱部に固定され、前記出力取り出し部のみが、前記光学ヘッドに固定されていることを特長とする光情報処理装置。

【請求項13】前記光情報処理装置は記録媒体へ情報の記録と再生を行うものであって、前記光学ヘッドは、

前記短パルスレーザから出射した光を前記記録媒体に導くための光学系と、

前記記録媒体からの反射光を検出するための光学系とを、

有することを特長とする請求項12に記載の光情報処理装置。

【請求項14】前記出力取り出し部が、前記可飽和吸収ミラーであることを特長とする請求項12記載の光情報処理装置。

【請求項15】少なくとも、励起用半導体レーザと、遷移元素ドープされた光ファイバーと、可飽和吸収ミラーからなる短パルスレーザが搭載された光学ヘッドにおいて、

前記短パルスレーザには、出力取り出し部が設けられており、
前記出力取り出し部と前記励起用半導体レーザの間に前記光ファイバーが位置し、

前記励起用半導体レーザは前記光学ヘッド外部の放熱部に固定され、前記出力取り出し部のみが、前記光学ヘッドに固定されていることを特長とする光情報処理装置。

【請求項 16】 前記出力取り出し部が、前記可飽和吸収ミラーであることを特長とする請求項 15 記載の光情報処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光通信分野や光情報処理分野で用いられる超短パルスレーザに関するものである。

【0002】

【従来の技術】

次世代の高密度大容量記録媒体として期待されているのが、3次元ビットバイビット記録である。多光子課程などの非線形な効果を利用する。普通の状態では照射するレーザ光に透明であるガラスや有機材料などに、パルス幅がフェムト秒の超短パルスレーザをレンズにより集光すると、吸収の遷移確立は光強度の2乗に比例し、光吸収が生じる。これにより、紫外線硬化剤を硬化させたり、ジアリールエテンでは開環体から閉環体に変化し、吸収スペクトラムを変化させることができる。材料がレーザ光に透明であるため、層方向に多層化することができる。よって、光記録の大容量化が図れる。

【0003】

2光子吸収を利用した3次元ビットバイビット記録では、超短パルスレーザが必要である。図9に、一般的なフェムト秒レーザの構成を示す（例えば、非特許文献1参照）。固体レーザ媒体として、Cr:forsterite（励起波長 $1.06\mu\text{m}$ 、波長 $1.3\mu\text{m}$ 発振）31が用いられた。励起光としては、波長 $1.06\mu\text{m}$ のNd:YAGレーザ32が用いられた。Nd:YAGレーザ光をレンズにより

、Cr:forsterite 31 に集光する。分散補償用としてプリズムペアー 33、モード同期のために可飽和吸収ミラー 34 など、多くの光学部品が用いられている。これにより、20 fs の超短パルス光を発生している。

【0004】

平均出力 P_c 、繰り返し周波数 f 、パルス幅 t 、ピーク出力 P_p とすると、1 パルスのエネルギー E は

$$E = P_c / f \quad (\text{J})$$

となり、ピーク出力 P_p は

$$P_p = E / t \quad (\text{W})$$

となる。 P_c は励起用レーザの出力に依存する。民生用途を考えると、励起としては 1 W 以下である必要がある。そのため、 P_p を大きくするためには、繰り返し周波数を下げて、パルス幅を小さくする必要がある。

【0005】

【非特許文献 1】

レーザー研究 第 27 巻 11 号 P 744 1999 年

【特許文献 1】

特開 2002-164614 号公報 (段落 0014)

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

以上説明したように、超短パルスレーザのピーク出力を大きくするためには、繰り返し周波数を下げて、パルス幅を小さくする必要がある。しかしながら、光記録に応用するためには、ある程度のデータ転送レートが必要であり、数 100 MHz 以上の繰り返し周波数は要求される。

【0007】

今、1 W 励起で、ピーク 1 KW を得ようとする、10 ピコ秒程度のパルス幅にする必要がある。パルス幅を低減する方法としては、モード同期という方法がある。この方法は、レーザ光が共振器を一往復するタイミングに合わせて、共振器のゲインや損失を同期させて、パルスの位相を揃えるものである。モード同期の方法には、AO 素子や EO 素子を用いた能動型モード同期と、過飽和吸収体や

カーレンズ効果を用いた受動型モード同期がある。モード同期の周波数 ν と共振器長 d の関係は、光速を c とすると、

$$\nu = c / 2d$$

である。100MHzの周期でモード同期を得るためには、共振器長を1.5mにする必要がある。そのため、図9に示すような複雑な光学系となる。装置が大型化するだけでなく、光学部品のずれや汚れなどの点を考慮すると、信頼性の点で問題がある。また、光学部品点数および光学的な調整箇所を低減することで、安定性を向上させるだけでなく、低コスト化が可能となる。

【0008】

そこで、本発明は上記の課題を解決し、簡単な構成で、安定で小型の超短パルスレーザを提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するため、本発明の超短パルスレーザは、少なくとも、励起用半導体レーザと、固体レーザ媒質と、光ファイバーと、可飽和吸収ミラーから構成されていて、そのことによって、上記の目的が達成される。

【0010】

また、本発明の超短パルスレーザは、少なくとも、励起用半導体レーザと、固体レーザ媒質と、光ファイバーと、可飽和吸収ミラーから構成され、前記光ファイバーと前記可飽和吸収ミラーの間に、前記固体レーザ媒質が配置され、前記励起用半導体レーザから出射したレーザ光が前記光ファイバーの第1の端面に光結合し、前記光ファイバーの第2の端面から出射したレーザ光により前記固体レーザ媒質を励起し、前記光ファイバーの第1の端面と、前記可飽和吸収ミラーにより、レーザ共振器が構成されていて、そのことによって、上記の目的が達成される。

【0011】

ある実施の形態では、光ファイバーの第1の端面に、励起用半導体レーザ光に対して無反射で、レーザ共振器で発振する光に対しては高反射率である誘電体多層膜が形成されている。

【 0 0 1 2 】

ある実施の形態では、光ファイバーが、偏光保存ファイバーである。

【 0 0 1 3 】

ある実施の形態では、光ファイバーが、フォトニックファイバーである。

【 0 0 1 4 】

ある実施の形態では、固体レーザー媒質が、単一偏光で発振する。

【 0 0 1 5 】

また、本発明の超短パルスレーザーは、強誘電体結晶基板上に共振器損失可変機能を有する導波路型固体レーザー媒質と、励起用半導体レーザーと、光ファイバーから構成されていて、そのことによって、上記の目的が達成される。

【 0 0 1 6 】

ある実施の形態では、導波路型固体レーザー媒質に、波長変換機能を付加されている。

【 0 0 1 7 】

ある実施の形態では、光ファイバーの第 1 の端面と導波路型固体レーザー媒質の第 1 の端面光結合するように対向し、励起用半導体レーザーから出射したレーザー光が、光ファイバーの第 2 の端面、または導波路型固体レーザー媒質の第 2 の端面から光結合することにより、導波路型固体レーザー媒質を光励起し、光ファイバーの第 2 の端面と、前記導波路型固体レーザー媒質の第 2 の端面がレーザー共振器を構成する。

【 0 0 1 8 】

ある実施の形態では、共振器損失可変機能が、方向性結合器である。

【 0 0 1 9 】

さらに、本発明の光情報処理装置は、短パルスレーザーが搭載された光学ヘッドにおいて、短パルスレーザーには、出力取り出し部が設けられており、出力取り出し部と励起用半導体レーザーの間に光ファイバーが位置し、励起用半導体レーザーは光学ヘッド外部の放熱部に固定され、出力取り出し部のみが、光学ヘッドに固定されていることによって、上記の目的が達成される。

【 0 0 2 0 】

ある実施の形態では、光情報処理装置は記録媒体へ情報の記録と再生を行うものであって、前記光学ヘッドは、短パルスレーザから出射した光を記録媒体に導くための光学系と、記録媒体からの反射光を検出するための光学系とを有するものである。

【0021】

ある実施の形態では、出力取り出し部が、可飽和吸収ミラーである。

【0022】

さらに、本発明の光情報処理装置は、少なくとも、励起用半導体レーザと、遷移元素ドープされた光ファイバーと、可飽和吸収ミラーからなる短パルスレーザが搭載された光学ヘッドにおいて、短パルスレーザには、出力取り出し部が設けられており、出力取り出し部と励起用半導体レーザの間に光ファイバーが位置し、励起用半導体レーザは光学ヘッド外部の放熱部に固定され、出力取り出し部のみが、光学ヘッドに固定されていることによって、上記の目的が達成される。

【0023】

ある実施の形態では、出力取り出し部が、可飽和吸収ミラーである。

【0024】

【発明の実施の形態】

（実施の形態1）

2光子吸収を用いた3次元ビットバイビット記録の記録再生システムについて説明する。記録材料としては、ジアリールエテンが有望視されている。図1に示す構造においては、波長400nm以下の外線を照射しすると青色に着色し、これに可視光（500nm以上）を照射するともとに戻る。この材料に、波長780nmのTi:Al₂O₃レーザを用いたフェムト秒レーザ光（ピーク出力2kW、パルス幅150fs、平均繰り返し80MHz、平均出力25mW）を照射すると、2光子吸収により青色に着色する。波長780nmの光に対してもともと吸収がないため、結晶内部に3次元的にピットを形成でき、また光強度の高いところのみ起こるため、微細のピットが形成できる。

【0025】

ジアリールエテンの構造を変えることにより、500nm以下の可視光を照射

すると緑色に変化し、赤色光を照射することで元に戻す材料も設計できる。

【 0 0 2 6 】

また、最近ではさらに感度の高い材料も開発され、ピーク出力が 1 k W 以下で記録できる材料も可能となってきた。

【 0 0 2 7 】

また、大容量のデータを取り扱うためには、数 1 0 0 M H z 程度の転送レートが必要とされる。

【 0 0 2 8 】

よって、我々が目的とする短パルスレーザの特性は、繰り返し周波数が数 1 0 0 M H z であり、パルス幅が 1 0 p s 以下、ピーク出力が 1 ～ 1 0 k W 程度のものである。

【 0 0 2 9 】

上記スペックを満足するためには、モード同期レーザが有望であり、繰り返し周波数を数 1 0 0 M H z にするためには、従来例のように共振器長を 1 m 前後にする必要がある。共振器長を 1 m 程度にし、コンパクトにするためには光ファイバーが有効である。本実施の形態では、光ファイバーを用いた超短パルスレーザについて説明する。

【 0 0 3 0 】

図 2 に、励起用半導体レーザと、固体レーザ媒質と、光ファイバーと、可飽和吸収ミラーから構成された超短パルスレーザの概略構成図を示す。

【 0 0 3 1 】

励起用半導体レーザ 1 には、波長 8 0 8 n m の A l G a A s 系半導体レーザ、固体レーザ媒質 2 には a 軸カット 3 a t . % ドープの N d : Y V O 4 、光ファイバー 3 には長さ 1 . 5 m の偏光保存ファイバーが用いられた。光ファイバー 3 は、 ϕ 5 0 m m にコンパクトに巻かれている。励起用半導体レーザ 1 から出射したレーザ光は、2 つのレンズ 6 を用いて光ファイバー 3 に結合される。レーザ出力は 2 0 0 m W のシングルストライプ半導体レーザである。2 つのレンズ 6 の間には、半導体レーザの発振波長を安定化させるためのバンドパスフィルタ 5 が挿入されている。バンドパスフィルタ 5 は、透過スペクトラムの半値全幅が 1 n m で

、透過率が90%の特性を有する。半導体レーザにより励起される側の端面（第1の端面7）には、励起用半導体レーザ1の波長808nmに対して反射率が5%となり、Nd:YVO₄の発振波長1064nmに対して高反射率コート（反射率99.9%）となるような多層膜が形成された。波長808nmの光は、ファイバー端面から反射し、半導体レーザにフィードバックするため、バンドパスフィルタ5の透過スペクトラムの中心波長（ここでは、Nd:YVO₄の吸収波長808nm）に固定される。レーザ光が出射する側の端面（第2の端面8）には、波長808nmと1064nmに対して無反射コートとなるように多層膜が形成された。光ファイバー3から出射したレーザ光は、レンズ9により固体レーザ媒質2に集光し励起する。レーザ共振器は、可飽和吸収ミラー4と光ファイバー3の入射端面（第1の端面7）で構成するように調整する。具体的には、レンズ9のコリメート調整と、可飽和吸収ミラー4の θ 、 ϕ 調整を行う。レンズ9とNd:YVO₄の間には1064nmに対して反射率が5%の出力ミラー10がセットされた。

【0032】

可飽和吸収ミラーについて説明する。可飽和吸収ミラーには、半導体可飽和吸収ミラー（semiconductor saturable absorber mirror: SESAM）が用いられた。SESAMは、ある出力以上の光が入射すると、吸収が低下する可飽和特性を示し、またその吸収回復時間が数100fs程度と早いことが特徴である。図3に示すように、GaAs基板11上にMOCVD（metalorganic chemical vapor deposition）を用いて、AlAs/GaAs DBRグレーティング12を反射層として形成する。InAlAsバッファ層13で挟まれたInGaAs/GaAsの多重量子井戸を形成する。このInGaAs/GaAs多重量子井戸が、可飽和吸収層14として機能する。ミラーの反射率は100%になるようにブラッグミラーを設計した。飽和光出力は100 μ J/cm²であり、そのときの反射率変化は10%であった。SESAMは銅のヒートシンクに固定されている。

【0033】

本実施の形態では、一軸性結晶のNd:YVO₄が用いられ、偏光保存ファイ

バーが用いられているため、共振器内で発振する 1064 nm のレーザ光の偏光方向が単一偏光に保存されるため、モード同期にも有利である。

【0034】

また、光ファイバー内のチャープング現象によりソリトン効果が生じる。光ファイバー中では、自己位相変調の効果により、ピーク部が位相遅れを生じるため、パルスの前半部の波長は長波長側にシフトし、パルスの後半部は短波長側にシフトする。波長分散が負（異常分散）のファイバーでは、光の群速度が長波長ほど遅くなる。そのため、パルスの前半部では、群速度が遅く、後半部では群速度が速くなるので、結果としてパルスの時間波形が狭窄化される。波長分散と自己位相変調の影響が釣り合うとき、その現象をソリトン効果という。本実施の形態においても、上記の非線形効果によるソリトン効果も生じているため、短パルス化が実現できた。

【0035】

レーザ出力は 200 mW に対して、150 mW が偏光保存ファイバーに結合した。1064 nm の光が出力ミラーより平均出力 50 mW が得られた。100 MHz の周波数でモード同期が得られ、このとき、パルス幅は 500 fs であった。ピーク出力は、1 kW であった。

【0036】

本実施の形態の特長としては、光フィードバック機能を有しているため励起用半導体レーザの波長が Nd:YVO₄ の吸収波長に安定に固定されていて、高効率のレーザ発振が実現できることである。また、Nd:YVO₄ が単一偏光発振であり、用いられたファイバーが偏光保持ファイバーであるため、偏光が保存され、高効率のモード同期発振が実現できる。さらに、可飽和吸収ミラーと光ファイバーを用いているため、コンパクトで安定な構成が実現できる。これにより、従来の構成に比べ、実用的効果も大きい。

【0037】

さらに、得られた超短パルスの 1064 nm の光を波長変換することにより、さらに短パルスの光を得ることができた。波長変換素子は、KTiPO₄ 結晶などを用いることが可能である。図 2 の構成において、Nd:YVO₄ とファイバ

ーの間にK T i P O 4 結晶を挿入することで内部共振器型にすることも可能である。得られた532nmの超短パルス光を3次元の光記録に用いると、さらに高感度な材料を選択することができる。

【0038】

図4の概略構成図では、結合レンズ系を用いない直接結合方式を採用した。図には示していないが、S i サブマウント上にV溝が形成され、励起用半導体レーザー15の活性層面がS i サブマウントに対向するように実装され、V溝に光ファイバー16が固定される。また、本実施の形態では、可飽和吸収ミラー（S E S A M）18を出力ミラーとして用いている。波長1064nmの共振器は、図2の構成を同様、ファイバーの第1の端面17とS E S A M 18で構成される。S E S A M 18の反射率は90%になるようにブラッグミラーを設計した。飽和光出力は100 μ J / c m 2であり、そのときの反射率変化は10%であった。S E S A M 18は銅のヒートシンクに固定され、本実施の形態ではS E S A M 18を出力ミラーとして用いているため、ヒートシンクの中央部には穴を開けている。

【0039】

レーザー出力は200mWに対して、100mWが偏光保存ファイバーに結合した。1064nmの光がS E S A M出力ミラーより平均出力20mWが得られた。100MHzの周波数でモード同期が得られ、このとき、パルス幅は500fsであった。ピーク出力は、400Wであった。

【0040】

本構成では、図2の構成と比較して発振効率が低いが、出力ミラーが不要であり、励起用半導体レーザーの結合レンズ系も不要であるため、部品点数も少なくコンパクトで安定な構成であり、実用的な効果大きい。

【0041】

なお、図2および図4の構成においては、光ファイバー16を通して、固体レーザー材料であるN d : Y V O 4 を励起したが、図5の構成図に示すように、斜めから励起用半導体レーザー19にて励起光を集光することにより、さらに高出力化が図れる。また、固体レーザー材料が導波路型である場合、ワイドストライプの高

出力半導体レーザにより励起が可能となるため、さらに高出力化が期待できる。

【0042】

図2、4、5に示す超短パルスレーザの構成では、光ファイバーを用いているため、長い共振器を小型化で実現でき、またモード同期周波数を光記録再生システムに適した数100MHz程度に設定でき、結果として、kWレベルの高出力とピコ秒レベルの短パルスを同時に実現でき、その実用的効果は大きい。

【0043】

なお、図2、4、5に示す構成では、光ファイバーと可飽和吸収ミラーの間に、固体レーザ媒質が配置されているが、固体レーザ媒質と可飽和吸収ミラーの間に光ファイバーがある構成でも、超短パルス光を得ることが可能である。但し、この場合には、共振器が、固体レーザ媒質端面と可飽和吸収ミラーにより構成されるため、共振器の調整軸数が増加するデメリットがある。

【0044】

本実施の形態では、偏光方向を保存させるために、偏光保存ファイバーが用いられたが、その代わりとしてフォトニックファイバーを用いても同様の効果が期待できる。断面形状を図6に示す。シリカ(SiO₂)20に、周期的なエアホール21が形成されていて、一部エアホール21がなく、この部分がコア22となる。エアホール21の直径dと周期Λにより、クラッド23の実効的な屈折率が変化し、導波モードの実効屈折率を変化させることができる。周期Λ=3μm、エアホール21 d=1.0μm (d/Λ=0.33)に設計すると、波長1064nmに対してシングルモードで導波させることができた。フォトニックファイバーの特長は、偏光保存が可能であること、波長分散がないことである。そのため、フォトニックファイバーは超短パルスレーザに用いられる光学部品として有用である。特に、図2に用いられる超短パルスレーザの光ファイバーとして用いた場合、偏光が保持され、波長分散もないため、安定に短パルスを発生させることができ、その実用的効果は大きい。

【0045】

さらに、本実施の形態ではNd:YVO₄が用いられたが、Cr:LiSAFなどの固体レーザ媒質を用いることにより、赤色AlGaInP半導体レーザで

励起し、800 nm帯を発信させることも可能であり、本実施の形態の構成にすることで、コンパクトな短パルスレーザを実現することができる。

【0046】

さらに、概略構成図2および4では、励起用半導体レーザと可飽和吸収ミラーの間に光ファイバーが位置しており、それぞれを個別に放熱できるため、安定で信頼性のある共振器が構成できる。特に、半導体レーザの温度を安定に保持できるため、波長も安定化でき、結果として固体レーザの励起効率を安定に保持できる。

【0047】

(実施の形態2)

本実施の形態では、強誘電体結晶基板上に共振器損失可変機能を有する導波路型固体レーザ媒質と、励起用半導体レーザと、光ファイバーから構成されて超短パルスレーザについて説明する。

【0048】

強誘電体結晶としては、LiNbO₃結晶が用いられた。LiNbO₃結晶は、大きな非線形性を有するため、良好な波長変換特性や電気光学効果を示す。また、レーザ発振に必要なNdなどの遷移元素を熱拡散によりドーピングすることができる（児玉、藤村、栖原、西原、「Nd熱拡散LiNbO₃での擬似位相整合用分極反転グレーティングの作製」、第47回応用物理学関連連合講演会、30a-B-6、2000年3月）。

【0049】

図7に、NdをドーブしたLiNbO₃光導波路と偏光保持光ファイバーから構成された超短パルスレーザの概略構成図を示す。

【0050】

LiNbO₃基板の-Z面にNd膜を形成し、1070℃の酸素中で熱アニールする。NdドーブLiNbO₃基板24の-Z面にプロトン交換により光導波路25を形成する。光導波路25の両端面は研磨した。得られた導波路型固体レーザ媒質26は、吸収スペクトラムのセンター波長が814 nmで、蛍光スペクトラムのセンタ波長が1084 nmである。導波路型固体レーザ媒質26の第1

の端面には、波長 1084 に対して無反射コート、第 2 の端面には、波長 1084 nm に対して高反射率コートが形成された。

【0051】

本実施の形態の導波路型固体レーザー媒質 26 には、共振器損失可変機能として方向性結合器 27 が形成されている。光導波路 25 の両側に形成された電極に電界を印加すると、導波路内部の実効屈折率が変化し、隣の光導波路に光が結合する。これを利用すると、光導波路の損失、すなわち共振器損失を可変することができる。

【0052】

偏光保持ファイバー 28 に対しても、同様にコーティングが形成され、第 1 の端面には、波長 1084 に対して無反射コート、第 2 の端面には、波長 1084 nm に対して高反射率コートが形成された。第 2 の端面は、出射ミラーとして用いられるため、透過率は 5 % であった。

【0053】

発振波長である 1084 nm に対する共振器は、導波路型固体レーザー媒質 26 の第 2 の端面と、偏光保持ファイバー 28 の第 2 の端面から形成される。図 7 では、導波路型固体レーザー媒質の光導波路と偏光保持ファイバーがレンズ系を用いずに直接光結合するような構成になっていて、光ファイバーの第 1 の端面と導波路型固体レーザー媒質の第 1 の端面が対向している。

【0054】

励起用半導体レーザー 29 が導波路型固体レーザー媒質 26 の第 2 の端面から光結合し、導波路型固体レーザー媒質 26 を光励起する。1084 nm の光は、導波路型固体レーザー媒質 26 の第 2 の端面と、偏光保持ファイバー 28 の第 2 の端面で共振する。このとき、方向性結合器 27 の電極に 100 MHz の周期で電圧を印加すると、偏光保持ファイバーの長さが 1.5 m であると、モード同期発振を生じる。

【0055】

本実施の形態では、励起用半導体レーザーのレーザー出力は 200 mW に対して、150 mW が導波路型固体レーザー媒質の光導波路に結合した。1084 nm の光

が偏光保持ファイバーの第2の端面より平均出力10mWが得られた。100MHzの周波数でモード同期が得られ、このとき、パルス幅は500fsであった。ピーク出力は、200Wであった。

【0056】

また、さらに高出力パルス光を得る場合には、導波路型固体レーザー媒質を横方向から励起することが有効であり、この場合にはスラブ型の高出力半導体レーザーを励起光として用いることができる。

【0057】

以上のように、共振器損失可変機能が集積化された導波路型固体レーザー媒質と光ファイバーを用いることで、モード同期の周波数を100MHzに設定でき、高いピーク出力が得られた。実施の形態1と同様、導波路型固体レーザー媒質のサイドから励起することで、さらに高出力が得られる。コンパクトで高いピーク出力を有する超短パルス光源は、3次元ビット記録用光源などに適した光源であり、その実用的効果は大きい。

【0058】

さらに、固体レーザー媒質の基板に、強誘電体結晶を用いているため、周期的分極反転構造などを形成することにより、波長変換素子としても機能させることができる。基板表面に波形電極を形成し、電界を印加することで、周期的な分極反転を形成できる。反転周期を $6.4\mu\text{m}$ に設定することで、 1084nm に対する位相整合が実現できる。これにより、 532nm の超短パルス光を発生できる。可視光の超短パルス光を3次元の光記録に用いると、さらに高感度な材料を選択することができる。

【0059】

また、本実施の形態では直接結合により導波路型固体レーザー媒質の光導波路部に光結合させたが、ファイバー端面から励起光を結合させてもよい。この場合、半導体レーザーと導波路型固体レーザー媒質の位置関係が離れるため、導波路型固体レーザー媒質の変調特性や波長変換特性の安定化が図れる。

【0060】

(実施の形態3)

本実施の形態では、固体レーザとしてCr:LiSAF、励起用半導体レーザとして赤色半導体レーザ(670nm)、光ファイバーとしてフォトニックファイバーを用いた超短パルスレーザについて説明する。AlGaInP系の高出力赤色レーザ(波長670nm)が用いられた。レーザ光は、レンズを用いてフォトニックファイバーに結合する。フォトニックファイバーは、670nm、850nmの波長に対してシングルモードで伝搬するように設計され、偏光保存、波長分散が零となっている。ファイバーの入射端面には、670nm帯に対して無反射コート、発振波長である850nm帯には高反射率コートが形成される。ファイバーを伝搬した光は、ファイバーの出射端面から出射し、レーザ媒体であるCr:LiSAFを励起する。ファイバーの出射端面には、850nm帯に対して無反射コートが形成されている。レーザ共振器は、可飽和吸収ミラーとファイバーの入射端面で形成される。可飽和吸収ミラーは、波長850nm帯に設計されている。

【0061】

レーザ出力は200mWに対して、150mWが偏光保存ファイバーに結合した。850nmの光がSESAM出力ミラーより平均出力30mWが得られた。100MHzの周波数でモード同期が得られ、このとき、パルス幅は500fsであった。ピーク出力は、600Wであった。

【0062】

以上のように、励起用半導体レーザと、固体レーザ媒質と、光ファイバーと、可飽和吸収ミラーから構成される超短パルス光源では、コンパクトな構成で共振器長を1m以上に設定でき、また可飽和吸収ミラーによりpassiveにモード同期が生じるため、繰り返し周波数数100GHzに対して、ピコ秒以下の短パルス光が発生でき、またピーク出力としても1kW程度が容易に得られる。

【0063】

また、一軸性結晶のNd:YVO4と偏光保存ファイバーやフォトニックファイバーが用いることで、共振器内で発振する1064nmのレーザ光の偏光方向が単一偏光に保存されるため、モード同期にも有利であり、高効率発振が期待でき、高いピーク出力が得られる。

【0064】

本発明の超短パルス光源は、コンパクトで安定であり、大きなピーク出力を得ることができるため、3次元ビット記録用光源としては、その実用的効果が大きい。

【0065】**(実施の形態4)**

本発明の、短パルスレーザが搭載された光学ヘッドと有する光情報処理装置、ここでは記録再生装置について説明する。実施の形態1で説明した図4に記載した短パルスレーザを搭載した光学ヘッドについて説明する。

【0066】

図8において、励起用半導体レーザ40から出射したレーザ光は、レンズ系を介さず直接光ファイバー42に結合される。励起用半導体レーザ40と光ファイバー42はSiサブマウント上に実装され、Siサブマウントは放熱部41に固定されている。光ファイバーから出射したレーザ光により固体レーザ媒質45が励起され、レーザ共振器は、第1の端面43と可飽和吸収ミラー46の間で構成される。可飽和吸収ミラー46は、反射率が95%に設定されていて、出力ミラーとして用いられる。可飽和吸収ミラー46を含む出力部50が光学ヘッド49に固定されている。可飽和吸収ミラー46から出射した短パルス光(1064nm)は、レンズによりコリメートされ、対物レンズ47を含む光学系により、記録媒体である光ディスク上に集光される。光ディスクからの反射光は、検出光学系48に導かれ、サーボ検出や再生信号検出に用いられる。

【0067】

本実施の形態の構成では、短パルスレーザの出力部(可飽和吸収ミラー46)と励起用半導体レーザ40の間に光ファイバー42が位置し、それぞれが別の基台(放熱部41と光学ヘッド49)に固定されているため、光学ヘッド49としてはコンパクト/軽量に設計できる。そのため、CDやDVDで用いられる光学ヘッドと同様、光学ヘッドを移動させて、サーボ制御することができるため、その実用的効果は大きい。

【0068】

また、励起用半導体レーザから発する熱を別の光学基台に放熱することが可能であるため、光学ヘッドの放熱設計が容易となる。

【0069】

図10に示すように、励起用半導体レーザと、遷移元素ドープされた光ファイバーと、可飽和吸収ミラーからなる短パルスレーザが搭載された光学ヘッドにおいて、同様の効果が期待できる。

【0070】

例えば、ErやYbがドープされた光ファイバーと、980nm帯InGaAs半導体レーザと、可飽和吸収ミラーから構成される短パルスレーザを搭載した光ヘッドについて説明する。

【0071】

励起用半導体レーザ51から出射したレーザ光は、結合器によりErドープファイバー52に結合する。励起用半導体レーザ51は放熱部60に固定されている。レーザ共振器は、可飽和吸収ミラー56とファラデー回転子53が取り付けられた端面Aにより構成される。可飽和吸収ミラー56は、反射率が95%に設定されていて、出力ミラーとして用いられる。可飽和吸収ミラー56を含む出力部62が光学ヘッド57に固定されている。可飽和吸収ミラー56から出射した短パルス光(1560nm)は、レンズによりコリメートされ、対物レンズ58を含む光学系により、記録媒体である光ディスク上に集光される。光ディスクからの反射光は、検出光学系59に導かれ、サーボ検出や再生信号検出に用いられる。

【0072】

本実施の形態の構成では、短パルスレーザの出力部(可飽和吸収ミラー56)と励起用半導体レーザ51の間にErドープファイバー52が位置し、それぞれが別の基台(放熱部60と光学ヘッド57)に固定されているため、光学ヘッド57としてはコンパクト/軽量に設計できる。図8と同様、光学ヘッドを移動させて、サーボ制御することができるため、その実用的効果は大きい。

【0073】

【発明の効果】

以上の記述したように、本発明によれば、

励起用半導体レーザと、固体レーザ媒質と、光ファイバーと、可飽和吸収ミラーから構成され、光ファイバーと可飽和吸収ミラーの間に、固体レーザ媒質が配置され、励起用半導体レーザから出射したレーザ光が光ファイバーの第1の端面に光結合し、光ファイバーの第2の端面から出射したレーザ光により固体レーザ媒質を励起し、光ファイバーの第1の端面と、可飽和吸収ミラーにより、レーザ共振器が構成されているため、繰り返しが数100MHzでピコ秒以下の高いピークパワーの短パルスが発生させることが可能となり、コンパクトな超短パルスレーザを実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

光記録材料の構造図

【図2】

本発明の、励起用半導体レーザと、固体レーザ媒質と、光ファイバーと、可飽和吸収ミラーから構成される超短パルス光源の概略構成図

【図3】

半導体可飽和吸収ミラーの概略構成図

【図4】

本発明の、励起用半導体レーザと、固体レーザ媒質と、光ファイバーと、可飽和吸収ミラーから構成される超短パルス光源の概略構成図

【図5】

本発明の、励起用半導体レーザと、固体レーザ媒質と、光ファイバーと、可飽和吸収ミラーから構成される超短パルス光源の概略構成図

【図6】

フォトニックファイバーの断面図

【図7】

本発明の、励起用半導体レーザと、強誘電体結晶からなる固体レーザ媒質と、光ファイバーとから構成される超短パルス光源の概略構成図

【図8】

本発明の短パルスレーザが搭載された光ヘッドの概略構成図

【図 9】

従来のフェムト秒レーザの概略構成図

【図 1 0】

本発明の短パルスレーザが搭載された光ヘッドの概略構成図

【符号の説明】

- 1 励起用半導体レーザ
- 2 固体レーザ媒質
- 3 光ファイバー
- 4 可飽和吸収ミラー
- 5 バンドパスフィルタ
- 6 レンズ
- 7 第 1 の端面
- 8 第 2 の端面
- 9 レンズ
- 1 0 出力ミラー
- 1 1 GaAs基板
- 1 2 反射層
- 1 3 InAlAsバッファ層
- 1 4 可飽和吸収層
- 1 5 励起用半導体レーザ
- 1 6 光ファイバー
- 1 7 第 1 の端面
- 1 8 S E S A M
- 1 9 励起用半導体レーザ
- 2 0 シリカ
- 2 1 エアホール
- 2 2 コア
- 2 3 クラッド

2 4 N d ドープ L i N b O 3 基板

2 5 光導波路

2 6 導波路型固体レーザー媒質

2 7 方向性結合器

2 8 偏光保持ファイバー

2 9 励起用半導体レーザー

3 1 Cr : fosterite

3 2 Nd:YAGレーザー

3 3 プリズムペアー

3 4 可飽和吸収ミラー

4 0 励起用半導体レーザー

4 1 放熱部

4 2 光ファイバー

4 3 第 1 の端面

4 4 第 2 の端面

4 5 固体レーザー媒質

4 6 可飽和吸収ミラー

4 7 対物レンズ

4 8 検出光学系

4 9 光学ヘッド

5 0 出力部

5 1 励起用半導体レーザー

5 2 E r ドープファイバー

5 3 ファラデー回転子

5 4 レンズ

5 5 波長板

5 6 可飽和吸収ミラー

5 7 光学ヘッド

5 8 対物レンズ

5 9 検出光学系

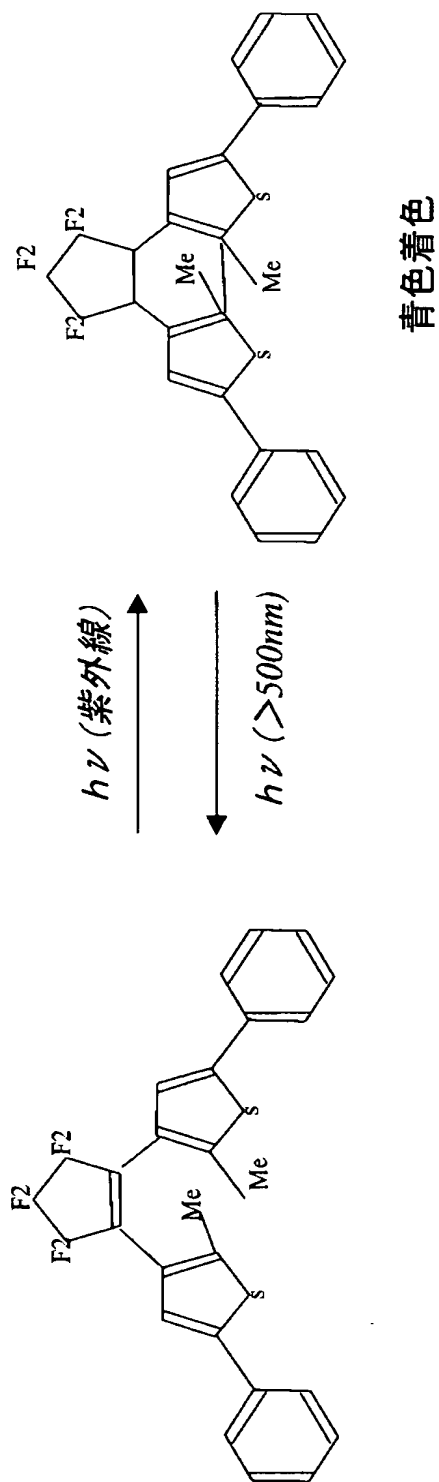
6 0 放熱部

6 1 端面 A

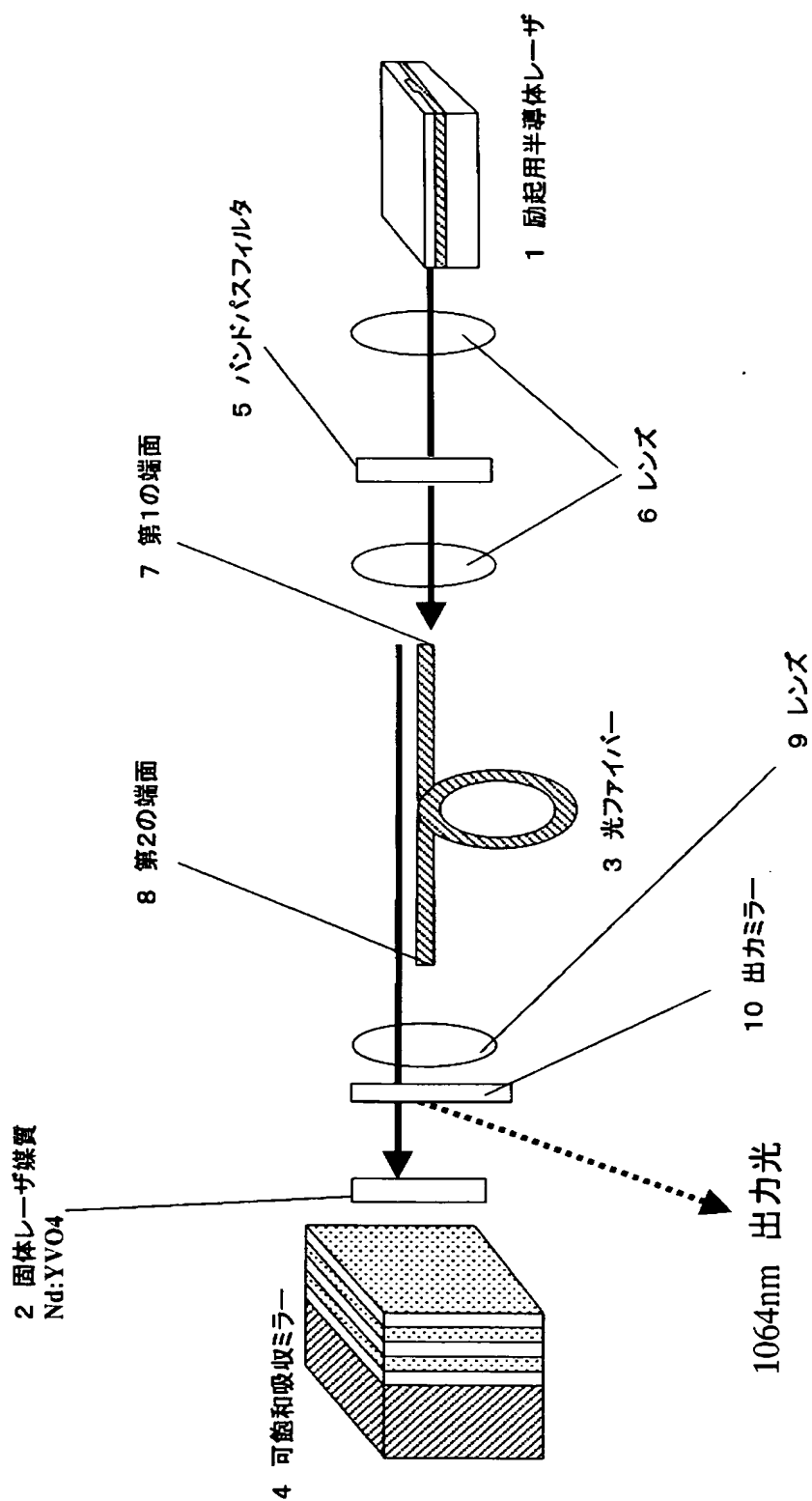
6 2 出力部

【書類名】 図面

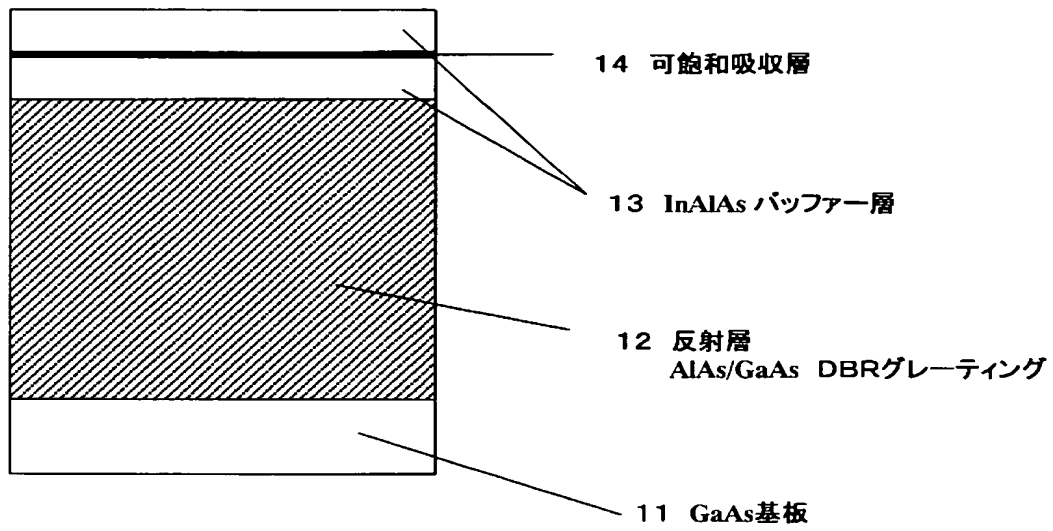
【図 1】



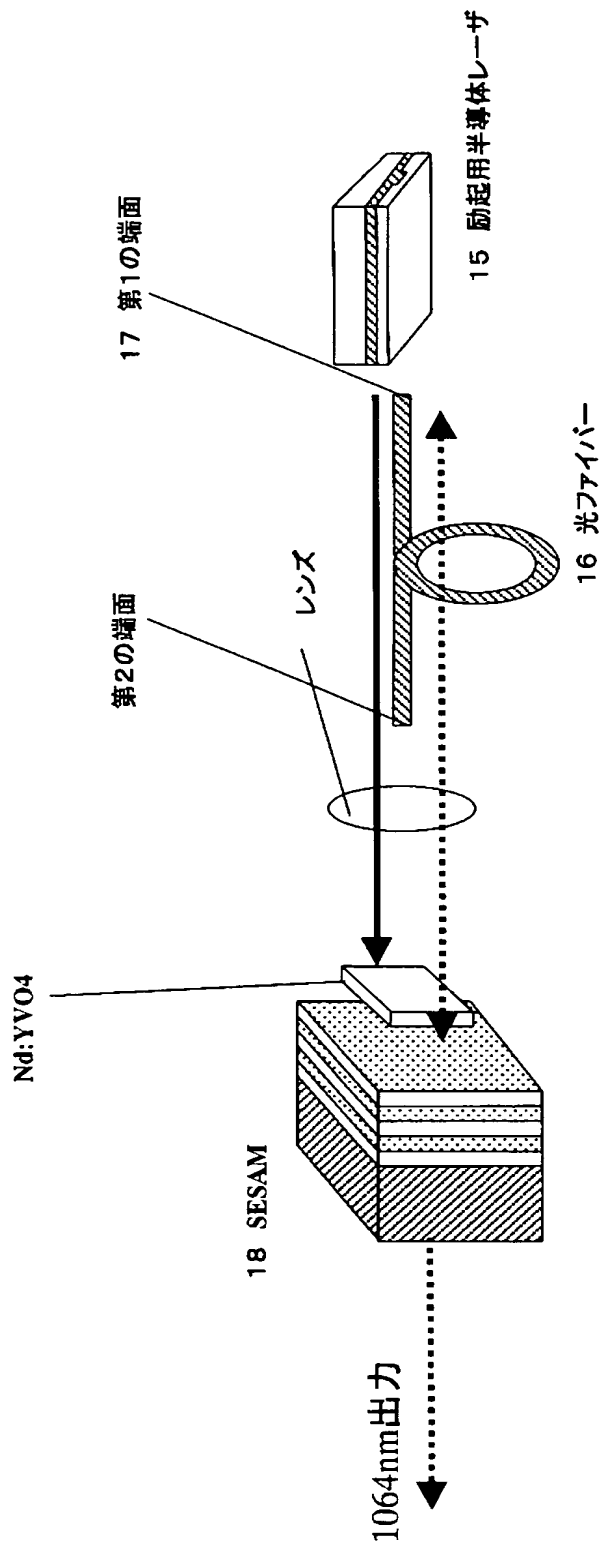
【図 2】



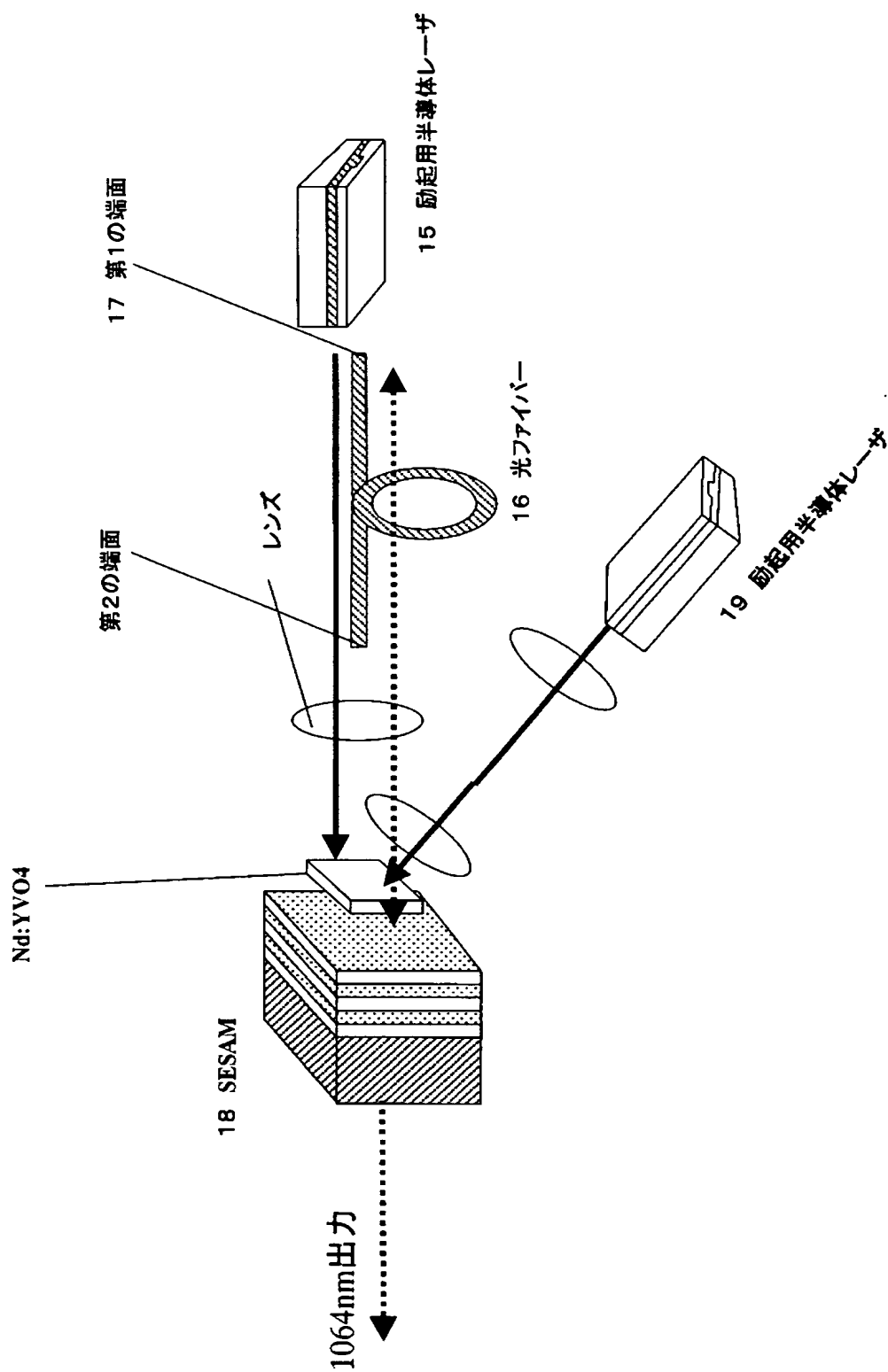
【図 3】



【図 4】

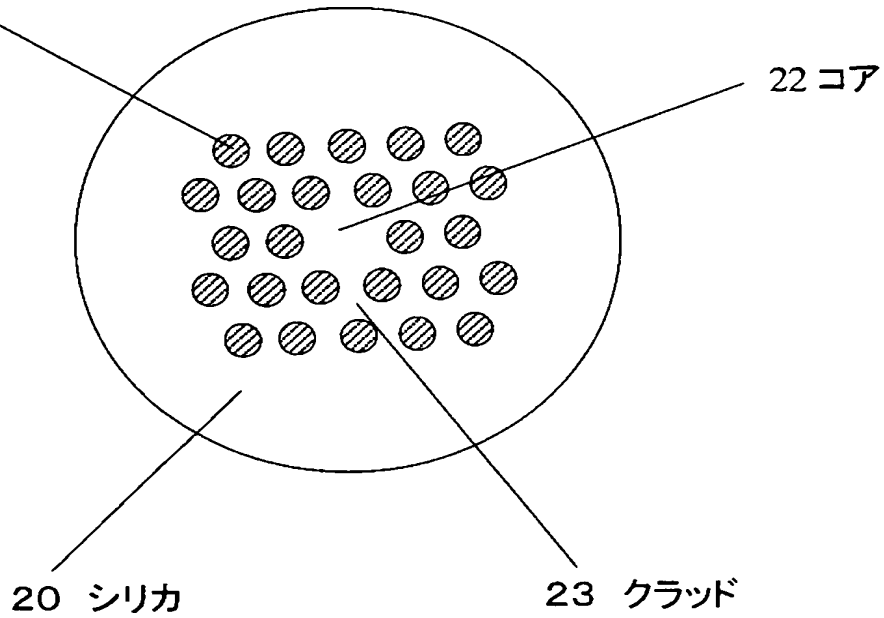


【図 5】

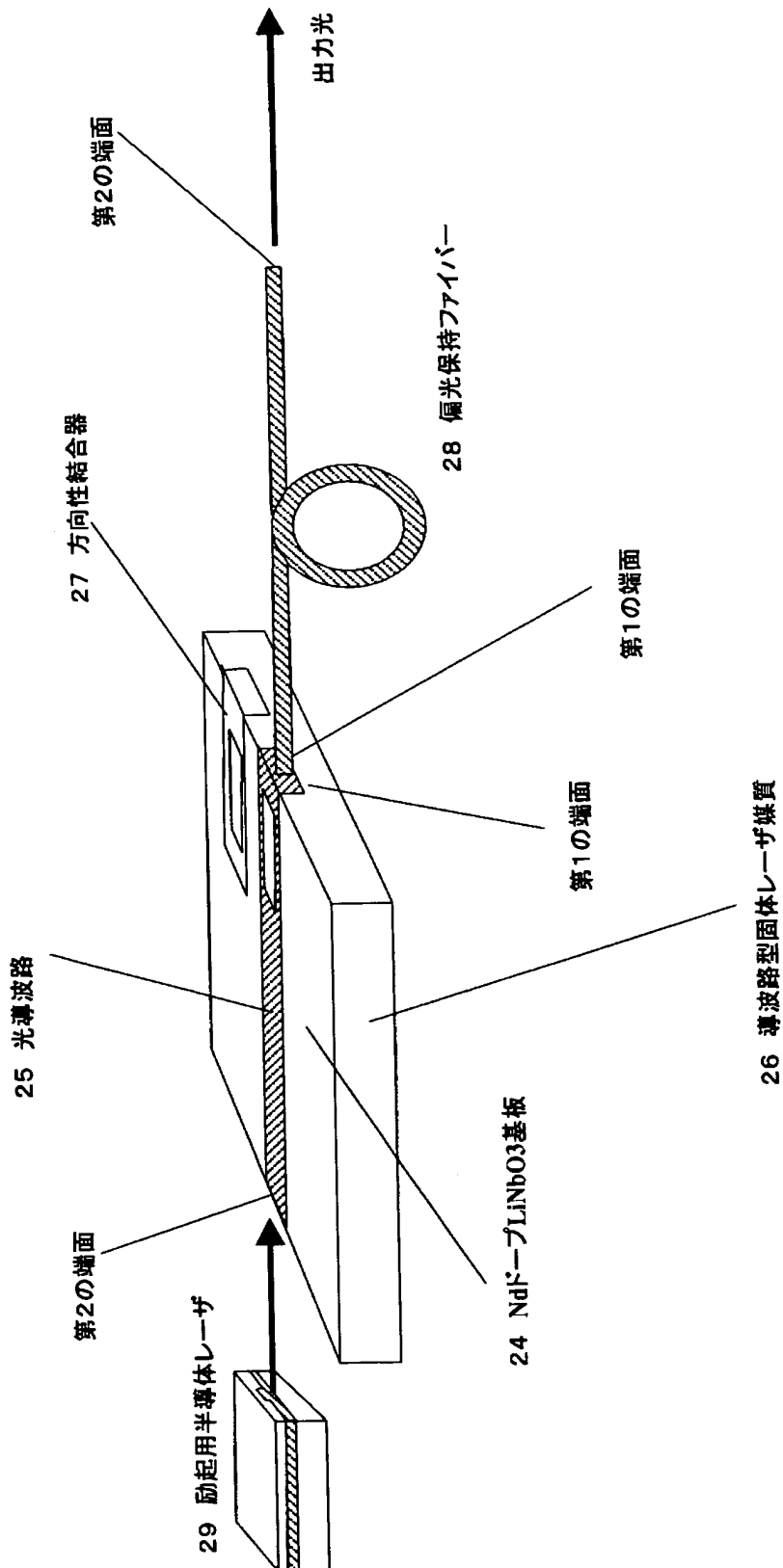


【図 6】

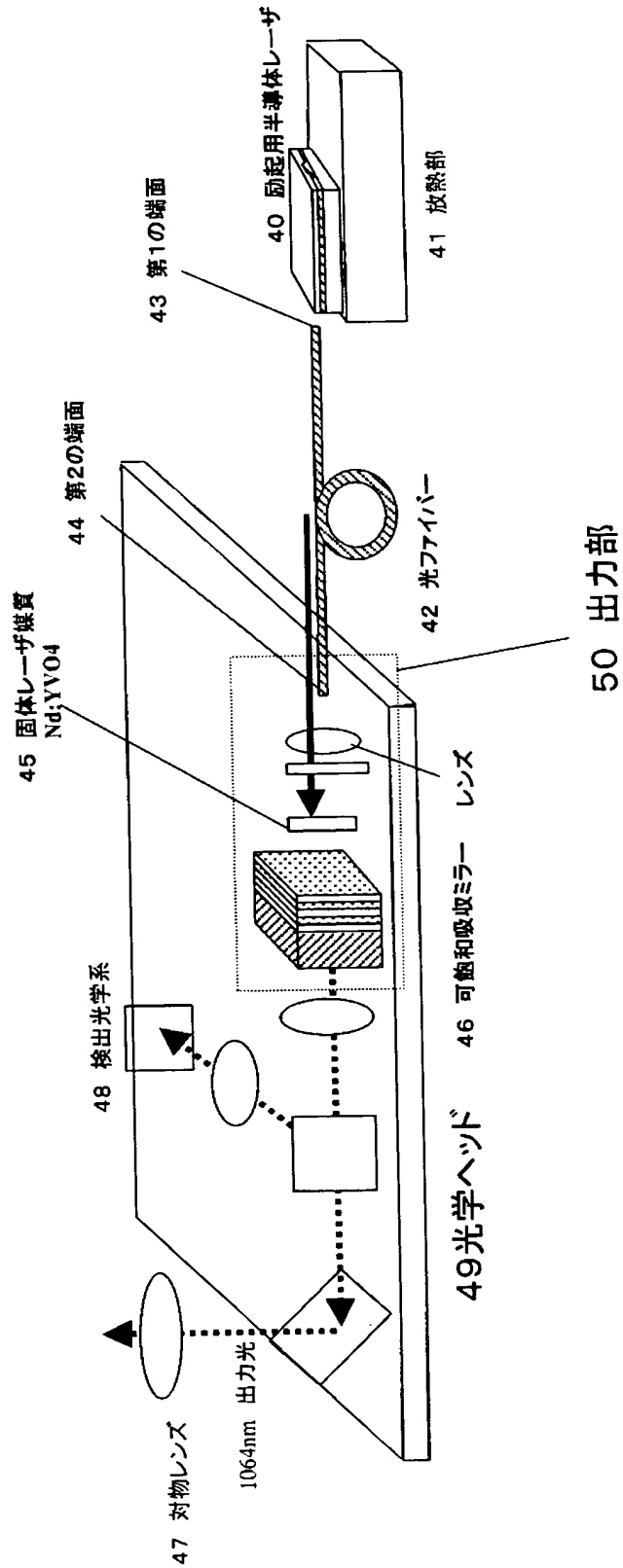
21 エアホール



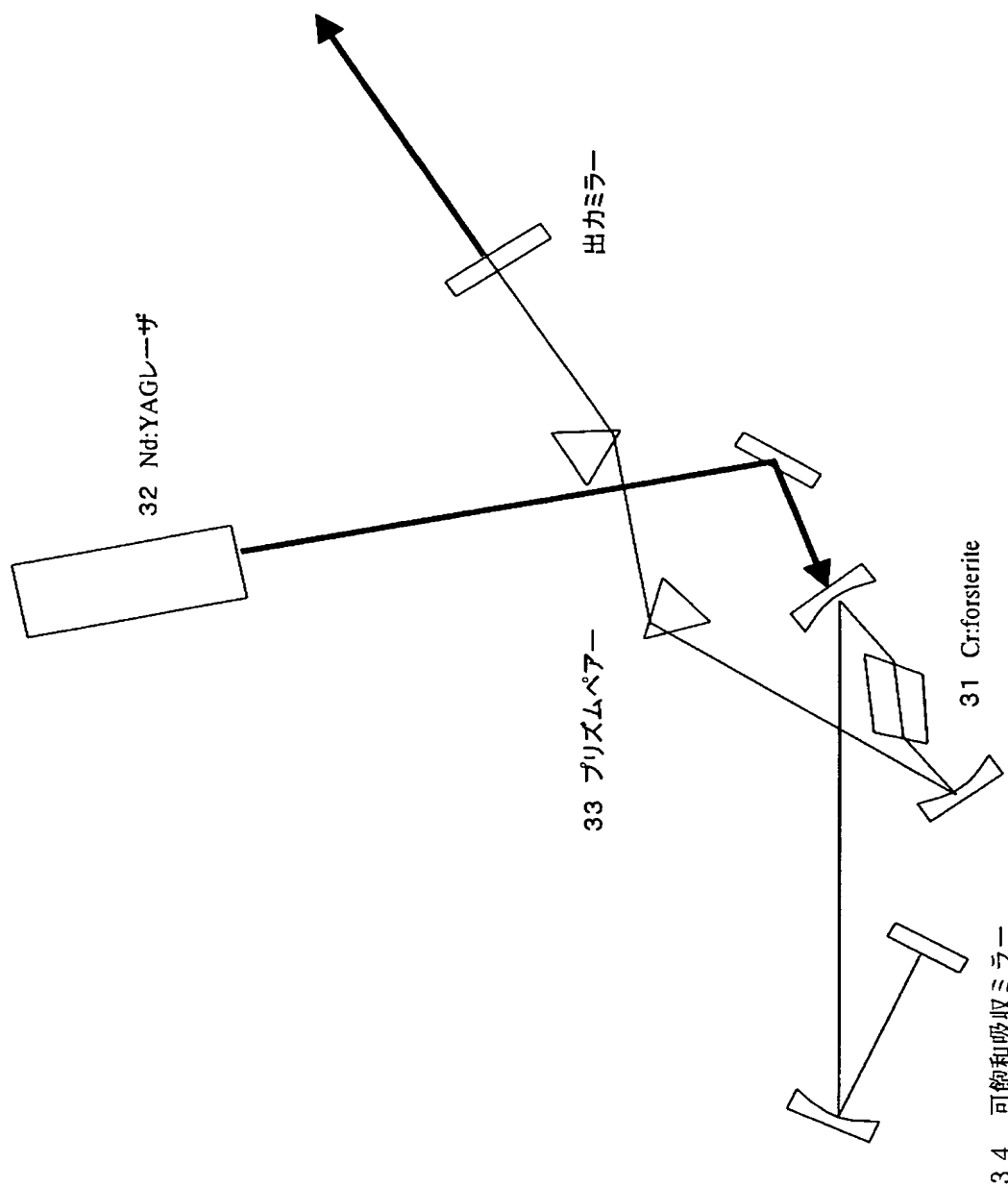
【図 7】



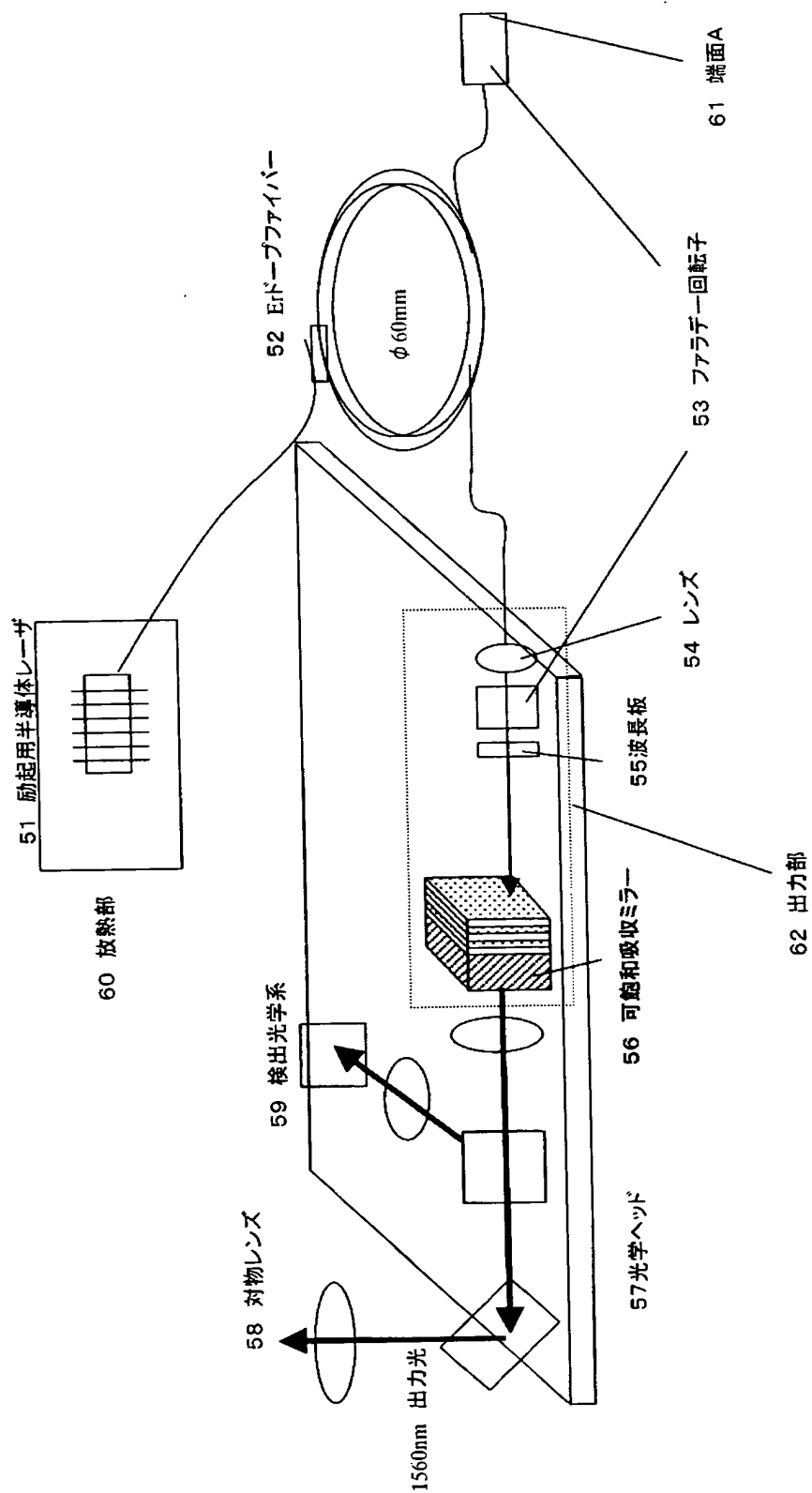
【図 8】



【図 9】



【図 10】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 ピコ秒からフェムト秒パルスを発生させる短パルスレーザは、その構成が複雑であるため、安定性や大きさの点で問題となっていた。

【解決手段】 励起用半導体レーザと、固体レーザ媒質と、光ファイバーと、可飽和吸収ミラーから構成される。固体レーザと光ファイバーを組み合わせて、長共振器化させているため、安定に数 1 0 0 M H z の繰り返し周波数でモード同期を実現することができる。

【選択図】 図 2

特願 2 0 0 2 - 3 0 9 3 5 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 8 2 1]

1 . 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 8 日

[変更理由]

新規登録

住 所

大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地

氏 名

松下電器産業株式会社